# ESSAI

SUR

# LA PHOTOMÉTRIE

## SCOLAIRE

## THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine de Montpellier

**Le 14 Novembre 1902**

PAR

**Raoul ESPINOUZE**

Né à Cournonterral (Hérault), le 15 mars 1873

AIDE DE CLINIQUE OPHTALMOLOGIQUE

INSPECTEUR ADJOINT POUR L'HYGIÈNE OCULAIRE DANS LES ÉCOLES COMMUNALES

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine



MONTPELLIER

IMPRIMERIE G. FIRMIN, MONTANE ET SICARDI

*Rue Ferdinand-Fabre et quai du Verdanson*

1902

# PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. MAIRET (✻) . . . . . . . . Doyen
FORGUE . . . . . . . . . . Assesseur

## Professeurs

| | |
|---|---|
| Clinique médicale . . . . . . . . . . . . | MM. GRASSET (✻). |
| Clinique chirurgicale. . . . . . . . . . . | TEDENAT. |
| Clinique obstétric. et gynécol . . . . . . . | GRYNFELTT. |
| — — ch. du cours, M. Puech . | |
| Thérapeutique et matière médicale. . . . | HAMELIN (✻) |
| Clinique médicale . . . . . . . . . . . . | CARRIEU. |
| Clinique des maladies mentales et nerv. | MAIRET (✻). |
| Physique médicale. . . . . . . . . . . . | IMBERT |
| Botanique et hist. nat. méd. . . . . . . . | GRANEL. |
| Clinique chirurgicale. . . . . . . . . . . | FORGUE. |
| Clinique ophtalmologique. . . . . . . . . | TRUC. |
| Chimie médicale et Pharmacie . . . . . . | VILLE. |
| Physiologie. . . . . . . . . . . . . . . . | HEDON. |
| Histologie . . . . . . . . . . . . . . . . | VIALLETON. |
| Pathologie interne. . . . . . . . . . . . | DUCAMP. |
| Anatomie. . . . . . . . . . . . . . . . . | GILIS. |
| Opérations et appareils . . . . . . . . . | ESTOR. |
| Microbiologie . . . . . . . . . . . . . . | RODET. |
| Médecine légale et toxicologie . . . . . . | SARDA. |
| Clinique des maladies des enfants . . . . | BAUMEL. |
| Anatomie pathologique . . . . . . . . . . | BOSC |
| Hygiène. . . . . . . . . . . . . . . . . . | N... |

*Doyen honoraire :* M. VIALLETON.
*Professeurs honoraires :*
MM. JAUMES, PAULET (O. ✻), BERTIN-SANS (✻)

## Chargés de Cours complémentaires

| | |
|---|---|
| Accouchements. . . . . . . . . . . . . . | MM. PUECH, agrégé. |
| Clinique ann. des mal. syphil. et cutanées | BROUSSE, agrégé. |
| Clinique annexe des mal. des vieillards. . | VIRES, agrégé. |
| Pathologie externe . . . . . . . . . . . . | IMBERT L., agrégé. |
| Pathologie générale . . . . . . . . . . . | RAYMOND, agrégé. |

## Agrégés en exercice

| | | |
|---|---|---|
| MM. BROUSSE | MM. VALLOIS | MM. IMBERT |
| RAUZIER | MOURET | BERTIN-SANS |
| MOITESSIER | GALAVIELLE | VEDEL |
| DE ROUVILLE | RAYMOND | JEANBRAU |
| PUECH | VIRES | POUJOL |

M. H. GOT, *secrétaire.*

## Examinateurs de la Thèse

| | |
|---|---|
| MM. TRUC, *président.* | MM. BERTIN-SANS, *agrégé.* |
| GILIS, *professeur.* | POUJOL, *agrégé.* |

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MA MÈRE

A MON FRÈRE

A LA FAMILLE DUPIN

R. ESPINOUZE.

A MON CHER MAITRE

M. LE PROFESSEUR TRUC

A MES AMIS

R. ESPINOUZE.

# AVANT-PROPOS

Au moment d'accomplir mon dernier acte de scolarité, j'ai à cœur de remercier, tout particulièrement, M. le Professeur Truc de tout le bien qu'il m'a fait.

Il fut pour moi un bienfaiteur avant d'être le Maître incontesté que l'on sait.

Pendant les cinq années où j'ai eu l'honneur d'être son assistant, il ne m'a ménagé ni sa bienveillance ni ses conseils.

Il me sera difficile de m'acquitter de la dette de reconnaissance contractée envers lui. Je m'efforcerai d'atteindre ce but, en me montrant, dans l'exercice de ma profession, digne de sa constante sollicitude et de son haut enseignement.

---

# INTRODUCTION

La photométrie, au laboratoire comme dans l'industrie, a fait, ces dernières années, de réels progrès, car les perfectionnements de l'éclairage impliquaient une plus grande précision photométrique.

L'hygiène actuelle impose une large distribution de lumière dans les agglomérations diverses et surtout dans les milieux scolaires. La question de l'éclairage naturel ou artificiel est, à l'école, aussi importante que celle du chauffage et de la ventilation. Elle doit préoccuper spécialement les architectes, les pédagogues et les pouvoirs publics, car la myopie s'y rattache étroitement.

Le développement progressif de la myopie scolaire ne paraît pas niable.

Les examens successivement pratiqués par Cohn, Kruger, Hoffmann, en Allemagne; Ott, Birman, en Suisse; Jasche, Erismann, en Russie ; Loring, Derby, en Amérique ; Gayet, Javal, Gariel, en France ; les rapports aux

divers congrès d'hygiène, les enquêtes de la Société d'ophtalmologie de Paris, démontrent assez que le nombre des myopes et le degré de la myopie sont en raison directe des années d'étude. Il suffirait par exemple de rappeler que Cohn a trouvé 1,4 myope pour 100 dans les écoles de village et 55,8 pour 100 dans la classe supérieure des collèges de Breslau.

Les auteurs ne se sont pas contentés de constater ces faits, ils en ont recherché la cause. Tous placent en première ligne l'éclairage défectueux des salles d'étude. M. Halthenoff l'indiquait dans son rapport sur l'hygiène de la vue en 1877; le congrès international d'hygiène (1878) en faisait l'objet d'une étude spéciale; Javal (1879), Gariel (1882) le rappellent dans des rapports officiels ; la Société d'ophtalmologie de Paris (1891) revient avec insistance sur cette question.

Sans préjudice pour les autres conditions étiologiques, l'insuffisance d'éclairage joue un rôle très important dans le développement myopique.

Il importe donc de surveiller la distribution de la lumière et de l'apprécier exactement au point de vue photométrique.

La ville de Montpellier, depuis 1895, possède, grâce à l'initiative de MM. les professeurs Truc et Imbert et à la bienveillante sollicitude de la municipalité, un service d'inspection oculaire dans les écoles communales.

Un des paragraphes du programme d'inspection com-

portait l'examen de l'éclairage des salles de travail.

La photométrie scolaire implique deux qualités : simplicité, manipulation rapide et facile.

Pour répondre à ce double desiderata, M. le professeur Truc a été amené à construire un nouveau photomètre. Il existe déjà de nombreux appareils de cet ordre, ayant donné d'excellents résultats, mais la plupart sont d'un transport difficile ou d'une manipulation longue et compliquée.

Nous serions porté à croire que si la photométrie n'occupe pas encore en hygiène la place qui lui est due, c'est peut-être par manque d'appareils vraiment pratiques. Des examens, des travaux importants, comme la thèse de M. Cure, ont bien été mis en œuvre dans ce sens ; mais ce sont des faits isolés qui ne donnent pas à la photométrie le caractère réglementé, obligatoire pour ainsi dire, qu'elle devrait avoir.

Aussi avons-nous accueilli avec plaisir l'idée que nous a donné notre Maître, M. le professeur Truc de prendre comme sujet de thèse l'étude de la photométrie scolaire.

C'était pour nous l'occasion de faire connaître, une seconde fois, au monde médical le nouveau photomètre scolaire (1).

Nous avons, avec M. le professeur Truc et notre con-

(1) Il a été présenté la première fois, par M. Truc, à la Société de Médecine et de Chirurgie de Montpellier.

frère le docteur Marty, pratiqué un grand nombre de mesures photométriques dans les écoles de Montpellier.

Au lieu de grouper simplement les résultats obtenus, nous avons cru utile, dans un premier chapitre, de rappeler les principes généraux de la photométrie et les appareils qui en sont l'application. Nous avons rendu cette description aussi simple que possible. Les traités de physique, les ouvrages spéciaux comme celui de M. Palaz (1), auquel nous avons eu souvent recours, donnent une étude complète de la photométrie générale.

Notre second chapitre comporte la description des photomètres scolaires qui précèdent celui de M. Truc, que nous étudions ensuite plus longuement.

La photométrie doit tendre à un but pratique : l'appréciation exacte de la quantité de lumière compatible avec une bonne hygiène de la vue ; nous rappelons le minimum d'éclairement fixé par les auteurs et les meilleurs moyens de l'obtenir.

Nous terminons en donnant comme exemple une idée d'ensemble de la répartition de la lumière naturelle dans les écoles communales de Montpellier, après une étude complète de l'éclairage naturel et artificiel d'une des écoles de cette ville.

Nous croirons avoir fait œuvre utile si, grâce aux qualités pratiques de l'appareil de M. le professeur

(1) Palaz. — *Traité de Photométrie industrielle,* 1892.

Truc, la photométrie entre de plain-pied dans la lutte contre le péril myopique.

Il existe en l'espèce, et c'est incontestable, d'autres causes à étudier attentivement et à modifier, mais la distribution large et raisonnée de l'éclairement serait un grand progrès de prophylaxie.

---

# ESSAI

SUR

# LA PHOTOMÉTRIE SCOLAIRE

---

## CHAPITRE PREMIER

### PHOTOMÉTRIE GÉNÉRALE

La photométrie comporte la mesure comparative des intensités lumineuses. Elle permet de déterminer si deux surfaces reçoivent le même éclairement ou non, et d'en calculer la différence.

La photométrie n'envisage que les radiations perçues par l'œil. Les manifestations chimiques et caloriques d'un faisceau lumineux, que décèlent les méthodes photographiques et calorimétriques, n'entrent en rien dans les opérations photométriques.

La lumière, en photométrie, est un phénomène physiologique. Aussi, comme l'a dit Helmholtz *(Opt. phys.*, Javal et Klein, p. 433), « l'œil peut très bien servir à établir une comparaison entre deux lumières de même qualité, telles que deux quantités de lumière blanche ou

bien deux quantités de la même couleur simple. Car, si deux quantités de même qualité exercent sur l'œil des actions égales, toutes les conditions étant égales d'ailleurs, il est permis de conclure que leur intensité objective est la même. Dans des cas de ce genre, nous pourrons employer l'œil comme un réactif commode et sensible et, nous affranchissant ainsi des propriétés particulières de ce réactif, nous pouvons obtenir des résultats vrais objectivement. »

L'œil est le meilleur appareil de contrôle de toute mesure photométrique, mais cela à deux conditions : 1° les intensités lumineuses à comparer doivent se rapprocher le plus possible de la valeur de l'éclairement produit par la lumière diffuse du jour, et 2° les rayons qui émanent des sources lumineuses être de même couleur.

En effet, d'une part, la sensation lumineuse s'arrête à une limite inférieure d'excitation, le seuil d'excitation et n'augmente plus au-delà de la hauteur d'excitation.

Et Masson a trouvé que la valeur sensible était maxima lorsque les intensités lumineuses à étudier étaient comparables à la lumière diffuse du jour.

D'autre part, la sensibilité de l'œil varie avec la couleur de la lumière, le bleu impressionnant l'appareil de la vision plus longtemps que le rouge.

La méthode photométrique consiste donc à égaliser toujours les intensités de deux sources lumineuses de même couleur, en réduisant l'éclat de la plus vive par un artifice dont on peut déterminer et mesurer l'effet.

*Méthodes photométriques.* — Plusieurs méthodes permettent d'égaliser l'intensité de deux luminaires éclairant une surface donnée.

Elles comportent un appareil appelé photomètre, un

écran divisé en deux plages éclairées, l'une par la lumière étalon, l'autre par la lumière à étudier ; une salle photométrique ; un banc photométrique, sur lequel sont placés le photomètre, les sources lumineuses et l'écran.

Les photomètres sont des appareils qui permettent d'établir dans quel rapport deux sources lumineuses diffèrent d'intensité.

Leur principe fondamental consiste à « faire varier d'une façon continue et déterminée les éclairements produits sur une surface donnée par deux luminaires jusqu'à ce que ces éclairements soient égaux (1). »

Les méthodes photométriques reposent :

1° Sur l'application de la loi photométrique fondamentale, c'est-à-dire sur la variation de la distance ou de l'inclinaison des surfaces dont on veut égaliser les éclairements ;

2° Sur la diaphragmentation et la dispersion ;

3° Sur l'emploi de la lumière polarisée et du mélange des sources que l'on compare ;

4° Sur l'application de l'acuité visuelle ;

5° Sur l'action variée de la lumière (2).

Nous n'indiquons que les principes généraux des méthodes photométriques. Leur application comporte de nombreux photomètres. Vouloir les décrire tous en détail nous entraînerait hors du cadre de notre sujet. Les appareils, surtout utilisés dans les recherches de laboratoire ou appliqués dans l'industrie, pourraient naturellement être employés en photométrie scolaire. Mais leur manipulation

---

(1) Palaz. — *Loc. cit.*

(2) Palaz, *loc. cit.*

parfois longue, leur déplacement difficile, se prêtent peu aux conditions qu'implique la photométrie scolaire.

Aussi, ne ferons-nous que signaler successivement les principaux appareils qui répondent, en pratique, aux principes de la photométrie générale.

I. *Loi photométrique fondamentale ou des distances.* — « La quantité de lumière envoyée par une source lumi- » neuse réduite à un point, sur une surface normale à la » direction des rayons émis, est en raison inverse du carré » de la distance de la surface considérée à la source (1). »

Soit un écran, divisé en deux plages recevant, l'une la lumière émise par une source d'intensité connue, placée à une distance fixe de l'écran, l'autre la lumière de la source à comparer ; les intensités de ces deux foyers seront égales quand les deux plages de l'écran seront également éclairées. On obtient ce résultat en faisant varier la distance de la source à étudier à l'écran ; en ce moment le rapport des intensités des deux sources est égal au rapport du carré de leurs distances à l'écran.

Les photomètres construits d'après la loi des distances comportent tous une règle divisée sur laquelle peuvent être déplacés l'écran et les luminaires à comparer. Ils diffèrent surtout entre eux par le procédé qui permet d'apprécier le moment où les éclairements sont égaux : par contiguité des plages (photomètre de Bouguer, de Foucault) ; par la constatation de l'égalité des deux ombres d'une tige portées sur un écran, chaque ombre correspondant à chacune des sources lumineuses (photomètre de Rumfort) ;

---

(1) Imbert et Bertin-Sans. — *Traité élémentaire de physique*, p. 698.

par disparition d'une tache huileuse du fond blanc sur lequel elle se détache tant que les intensités lumineuses ne sont pas égales (photomètre de Bunsen).

II. *De l'emploi des diaphragmes.* — L'égalité d'éclairement de deux des moitiés d'un écran n'est plus obtenue ici en faisant varier la distance d'une des sources lumineuses à cet écran, mais en affaiblissant l'intensité des rayons lumineux dans un rapport bien déterminé.

La quantité de lumière tombant sur le fond d'une chambre noire est directement proportionnelle à l'ouverture du trou par lequel pénètre le faisceau lumineux, trou pratiqué sur la paroi parallèle au fond de la chambre noire. L'intensité d'éclairement varie donc directement avec la surface d'ouverture du diaphragme.

Aussi, étant donnés deux diaphragmes d'égale ouverture, deux sources lumineuses d'égale intensité donneront le même éclairement. L'inégalité des luminaires sera mesurée par la différence d'ouverture entre un diaphragme à surface d'ouverture connue, traversé par les rayons de la source lumineuse étalon et celle que l'on devra donner au second diaphragme pour obtenir le même éclairement avec le luminaire à comparer.

Le photomètre de M. Napoli repose sur ce principe.

III. *Emploi de la lumière polarisée.* — « Rappelons en » quelques mots les propriétés de la lumière polarisée. » On sait que la lumière est le résultat des vibrations » transversales de l'éther. Dans les cas de la lumière » naturelle, ces vibrations ont lieu dans tous les sens, » dans un plan perpendiculaire à la direction de leur pro- » pagation.

» Si on fait passer un rayon de lumière solaire au tra-

» vers d'un rhomboèdre de quartz, il est décomposé en
» deux rayons distincts : le rayon ordinaire et le rayon
» extraordinaire. Ces rayons sont dits polarisés. Les
» ondulations de l'éther se produisent toujours normale-
» ment à la direction de sa propagation, mais elles ont
» lieu pour chaque rayon dans une seule direction, au
» lieu de s'effectuer dans tous les sens.

» Dans le rayon ordinaire les ondulations se font dans
» un plan perpendiculaire au plan renfermant le rayon
» incident et la normale à la surface du cristal. Dans le
» rayon extraordinaire, les ondulations ont lieu dans le
» plan du rayon incident et de la normale à la surface du
» cristal.

» Un rayon naturel peut donc être considéré comme
» constitué par deux rayons indépendants dont l'intensité
» est égale à la moitié de celle du rayon naturel et qui
» sont polarisés perpendiculairement et parallèlement au
» plan d'incidence.

» On sait que le prisme analyseur de nicol est formé
» d'un rhomboèdre de spath d'Islande coupé en deux sui-
» vant un plan perpendiculaire au plan des grandes dia-
» gonales des bases et passant par les sommets obtus les
» plus rapprochés l'un de l'autre ; les deux moitiés sont
» ensuite recollées à l'aide du baume du Canada, dont
» l'indice de réfraction est plus petit que l'indice extraor-
» dinaire du spath d'Islande, mais plus grand que l'in-
» dice ordinaire. Il en résulte que le rayon ordinaire
» éprouve sur la surface de séparation une réflexion
» totale, de telle sorte que le prisme ne laisse passer que
» le rayon extraordinaire.

» Si l'on reçoit ce rayon polarisé sur un second nicol
» dont la section principale fait avec celle du premier un
» angle $\alpha$, l'intensité lumineuse $I'$ du rayon qui sort du

» second nicol est reliée à celle qui sort du premier par la
» loi de Malus :

$$I' = I \cos^2 \alpha$$

» En faisant varier $\alpha$ de $90^0$ à 0, on pourra faire varier
» I′ de 0 à I, d'une manière bien déterminée. On a ainsi
» un procédé précis pour faire varier l'intensité lumineuse
» d'un faisceau lumineux donné, polarisé au préalable (1). »

A ce principe répondent le photomètre de Wild et celui de M. Duboscq.

IV. *Photométrie basée sur l'acuité visuelle.* – Les lumières à comparer peuvent ne pas être de même couleur. Dans ce cas, on ne peut obtenir de mesures précises. Il est fort difficile, en effet, d'apprécier exactement l'éclairement de deux surfaces différemment colorées. Ce fait résulte d'une propriété de l'œil découverte par Purkinge (2) et que Helmholtz (3) a ainsi formulée : « L'intensité de sensation est une fonction de l'intensité lumineuse qui diffère suivant l'espèce de lumière, la progression de la sensibilité étant plus grande pour le rouge que pour le bleu, mais la disparition de la sensation lumineuse étant plus rapide pour le rouge que pour le bleu. »

On emploie donc dans la comparaison des intensités de sources différemment colorées des procédés photométriques autres que ceux utilisés dans la comparaison de lumières de même couleur.

« D'une manière générale deux quantités de lumières sont égales entre elles lorsque, reçues par l'œil du même

---

(1) Palaz. – *Loc. cit.*, p. 59 et suiv.

(2) *Zur Physiologie der Sinne,* vol. II, p. 109.

(3) *Loc. cit.,* p. 421. Trad.

observateur elles produisent sur lui le même effet, mais il faut que cet effet soit indépendant de la coloration de la lumière et ne dépende que de son intensité (1). »

MM. Macé de Lépinay et Nicati établissent pour répondre à ce desiderata la distinction entre deux fonctions de l'œil : distinguer et voir (2).

Ainsi, les caractères d'une échelle typographique, de grandeur donnée, et éclairés avec de la lumière de couleur quelconque mais d'intensité de plus en plus faible seront plus difficilement vus par un observateur, placé à la même distance de l'échelle. L'acuité visuelle diminue avec l'intensité de l'éclairage, fait indépendant de la couleur de la lumière.

D'où deux sources lumineuses sont égales d'intensité quand, éclairant un objet placé à la même distance de l'observateur, elles lui font voir les détails avec la même netteté.

Macé de Lépinay et Nicati proposent l'emploi de trois traits noirs horizontaux sur écran blanc, mesurant 5 millimètres de long sur 1 de large, et séparés les uns des autres de 1 millimètre.

Pour pratiquer une mesure photométrique, on note à quelle distance doit se placer l'observateur pour voir distinctement les trois traits éclairés par la lumière étalon. On remplace celle-ci par la lumière à comparer et on note la nouvelle distance permettant une perception aussi nette des traits du tableau.

Il existe une seconde méthode basée sur ce fait que

---

(1) Palaz. — *Loc. cit.*, p. 70.

(2) *Ann. de chimie et de physique*, 5e série, vol. XXIV, p. 289 et XXX, p. 145.

« Quelque différentes que soient les colorations de deux plages contiguës, pourvu qu'elles soient assez petites, l'œil peut apprécier avec une certaine exactitude le moment où ces deux plages paraissent également éclairées (1). »

Il suffit, en l'espèce, d'employer les photomètres que nous avons déjà signalés. On diminue, d'une valeur qui varie avec la distance de l'observateur à l'écran, la largeur des plages, qu'éclairent les sources à comparer.

V. *Photomètres basés sur l'emploi des milieux absorbants.* — Quand deux moitiés d'écran sont éclairées par deux sources lumineuses d'inégale intensité, on rend l'éclairement de ces surfaces égal en interposant entre l'une des sources et la plage correspondante des milieux absorbant la lumière.

Le premier photomètre répondant à cette condition semble être celui de Lampadius (2), qui regardait un objet éclairé à travers des lames de corne, dont il augmentait le nombre jusqu'au moment où il ne distinguait plus cet objet. L'intensité d'éclairement était d'autant plus grande que le nombre de lames interposées était plus considérable.

Plus tard, de Maistre (3) se servit d'un prisme de verre bleu qu'il juxtaposait à un prisme blanc, de façon que leurs surfaces extérieures fussent parallèles. La lumière traverse ce système de prismes sans réfraction, mais avec des différences d'absorption qui varient avec ses diverses portions.

On peut également employer des verres fumés dont on détermine à l'avance le pouvoir absorbant.

---

(1) Palaz. — *Loc. cit.*, p. 72.

(2) *Gehler's Worterbuch. 2. Auflage*, VII, 482.

(3) *Bibl. univ. de Genève*, LI, 323.

M. Sabine (1) utilise un seul verre fumé, taillé en biseau et dont le pouvoir absorbant varie avec l'épaisseur. En enfonçant ce coin on augmente l'épaisseur du verre, qui agit ainsi d'une façon continue sur le trajet lumineux. Une échelle divisée, graduée une fois pour toutes, donne l'affaiblissement correspondant de l'intensité lumineuse.

VI. *Photomètres basés sur les diverses actions de la lumière.* — Gorham (2) a construit un photomètre basé sur ce fait que plus la lumière est intense et plus grand est le rétrécissement de la pupille. En mesurant ce rétrécissement, on en déduit l'intensité lumineuse au lieu d'expérience.

Dessendier (3) utilise l'action de la lumière sur un mélange de chlore et d'hydrogène et apprécie l'intensité lumineuse d'après la quantité d'acide chlorhydrique produit, connue en notant les variations de niveau de la solution chlorée.

Siemens et Halske (4) ont appliqué la diminution de la résistance électrique du sélénium en présence de la lumière à la construction d'un photomètre. Le rapport des distances des luminaires à comparer, au tube de sélénium, pour obtenir le même déplacement de l'aiguille d'un galvanomètre, donne le rapport des intensités lumineuses.

Wheastone et Masson (5) ont mis à profit un phéno-

---

(1) *Phil. Magelbag* (5), vol. XV, p. 22.

(2) *La lumière électrique*, vol. XIV, p. 458.

(3) *La lumière électrique*, vol. XXXIII, p. 407.

(4) *La lumière électrique*, vol. IV, p. 367 ; vol. III, p. 38.

(5) *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, vol. XIX.

mène physiologique (la durée de la sensation lumineuse) dans la construction de deux photomètres.

Celui de Wheastone consiste en une boule métallique, qu'un mécanisme anime d'un mouvement de rotation. Les sources lumineuses y dessinent alors deux figures composées d'épicycloïdes et qui sont semblables quand les intensités ont la même valeur, ce qu'on obtient en modifiant la distance à l'appareil du luminaire observé.

Masson se sert d'un disque à secteurs alternativement blancs et noirs. Un mouvement rotatoire rapide donne à ce disque une coloration uniformément grise, qui est remplacée par la réapparition des secteurs dès qu'on l'éclaire Il s'agit d'apprécier la distance respective des sources lumineuses à l'appareil pour laquelle les secteurs sont visibles pendant ce mouvement de rotation.

Des Étalons photométriques.— Pour mesurer l'intensité d'une source lumineuse, on la compare à une source d'intensité connue et désignée sous le nom d'étalon photométrique.

La bougie employée par Bouguer a été le premier étalon photométrique.

MM. Dumas et Regnault adoptèrent la lampe Carcel.

M. Giraud, en France, M. Methwen, en Angleterre, utilisèrent la flamme de gaz.

M. Kefner-Alteneck se sert de la lampe à acétate d'amyle.

En 1844, M. Drapner proposait comme unité photométrique la lumière émise par un fil de platine porté à l'incandescence par un courant électrique.

Enfin, en 1881, M. Violle prenait comme étalon photométrique absolu, la lumière due à 1 cent. carré de platine porté à sa température de fusion et en voie de solidification.

Un étalon photométrique doit produire une flamme toujours identique à elle-même, fournie par un comburant et un combustible à composition invariable.

Les bougies, les lampes répondent peu à ces conditions. Elles subissent des écarts tenant à la température du corps lumineux, à la transparence de la flamme. D'où l'adoption dans l'industrie de l'étalon Violle.

Cependant, les résultats qu'elles donnent sont pratiquement suffisants et en font encore des étalons assez généralement employés.

*La bougie* dont on se sert en France, est celle de l'Etoile. Les autres pays d'Europe utilisent des bougies qui diffèrent de la nôtre, qui est en paraffine, par la nature du combustible.

Le congrès des électriciens a adopté en 1889, la bougie décimale (1/20 de l'unité absolue au platine).

La bougie de l'Etoile, brûle 10 gram. de matière à l'heure. Sa flamme doit avoir 52 millim. 4 (M. Monnier) de hauteur. Son intensité répond à 1/7 de Carcel, c'est-à-dire qu'il faut 7,4 bougies pour obtenir l'éclairement dû à une lampe Carcel.

Grâce à deux appareils de M. Kruss (1) on peut apprécier la consommation des bougies en un temps donné et s'assurer de la hauteur de la flamme.

*La lampe Carcel* donne une lumière à peu près constante ; son intensité dépend de la hauteur, de la nature de la mèche, de celle de l'étranglement du verre au-dessus du niveau supérieur de la mèche (7 millimes). L'huile (colza) consommée en une heure est de 42 gram. Avant d'employer une lampe Carcel comme étalon, on s'as-

---

(1) *Journal für Gasbeleuchtung*, 1885, p. 345.

surera des conditions qui donnent la même consommation d'huile.

*Les lampes à benzine* de M. Estner, à *acétate d'amyle* de M. H. Kefner, suppriment l'emploi de la mèche, défaut des autres lampes. Ces lampes valent en intensité une bougie environ.

*L'étalon Violle* est représenté par la lumière émise par une portion connue de la surface de bain de platine en fusion (1 cent. carré). On pratique la mesure photométrique au moment de la solidification du platine. Cet étalon vaut 2,08 d'unité Carcel.

Il existe d'autres étalons (Violle-Siemens, Giraud, Methwen, Vernon-Harcourt), employés dans l'industrie seulement.

Les bougies et la lampe Carcel donnent, pour la photométrie scolaire, des résultats bien suffisants.

---

# CHAPITRE II

## I. PHOTOMÉTRIE SCOLAIRE

La photométrie scolaire a pour but d'étudier la répartition de la lumière dans les salles d'école ; elle permet de constater si le minimum d'éclairement compatible avec une bonne hygiène visuelle existe à toute place occupée par un élève.

Ce que l'on évalue, en l'espèce, ce n'est pas la lumière dirigée sur un pupitre, mais l'intensité lumineuse que sa surface présente.

En effet, comme l'a fait remarquer M. le professeur Bertin-Sans :

« La mesure de la partie visible du ciel, comme le pro-
» posait Javal, ne saurait indiquer le degré d'éclairage
» d'un pupitre : d'une part, ce n'est pas toujours le ciel
» seul, mais une muraille ; c'est dans d'autres circons-
» tances la clarté du ciel plus ou moins tamisée par le
» feuillage d'arbres voisins qui éclaire le pupitre (1). »

Pour prendre une mesure photométrique l'observateur doit donc, autant que possible, se placer dans les conditions de l'élève au travail.

---

(1) Bertin Sans.— *Annales publiques d'hygiène*, pp. 127-141, 1882.

Les photomètres scolaires répondent à l'une des méthodes photométriques signalées dans le chapitre précédent. Il en existe un certain nombre que nous allons passer successivement en revue.

Le photomètre construit par M. le professeur Bertin-Sans, de Montpellier, en 1882, est une nouvelle application du principe de Rumford.

L'écran est une planchette, dont la face supérieure est recouverte de papier blanc. Au centre se déplace une tige métallique fine, supportant une seconde tige à direction horizontale. La tablette éclairée, cette seconde tige y projette son ombre, qui sert d'image d'épreuve dans les manipulations photométriques.

La source lumineuse est une lampe à pétrole de cinq lignes ; enfermée dans une lanterne, cette lampe, grâce à un jeu de lentilles et de miroirs, éclaire l'écran de haut en bas. La lanterne peut être déplacée le long d'une règle verticale, graduée en centimètres ; l'intensité d'éclairage de cette source sur l'écran augmente ou diminue suivant qu'on l'abaisse ou qu'on l'élève, ce que l'on fait jusqu'à disparition de l'ombre de la tige. A ce moment, les intensités (source-étalon, source à étudier) sont égales.

Pour deux milieux également éclairés la distance de la lanterne à l'écran sera la même. L'inégalité sera donnée par le rapport du carré des distances obtenues en deux milieux différents.

Un tableau dressé par M. Bertin-Sans donne les intensités lumineuses correspondant aux diverses distances de la lampe à l'écran. La lumière du jour a servi de point de départ. Elle correspond à 1 million de luminies : la luminie étant l'unité de lumière (1).

---

(1) Bertin-Sans, *loc. cit.*

M. Petrouschewsky a construit en 1885 un photomètre scolaire, qui rappelle la méthode de diaphragmentation.

L'écran est représenté par un papier de bristol divisé en deux parties, éclairées, l'une par la source étalon, l'autre par le luminaire ou la surface à étudier.

La source lumineuse étalon, enfermée dans une boîte en fer blanc, envoie ses rayons à travers un tube en métal ; ceux-ci traversent un verre dépoli et l'ouverture variable d'un diaphragme avant d'éclairer le papier de bristol.

Pour effectuer une mesure photométrique, on fait varier l'ouverture du diaphragme, jusqu'à ce que les deux plages du papier bristol soient également éclairées.

Le diaphragme a été gradué, l'éclairage normal étant représenté par huit bougies stéariques, brûlant chacune 10 gram. 62 de combustible à l'heure et placées à 1 mètre de l'appareil.

L'étalon est une lampe à pétrole (1).

Le photomètre de Mascart comprend un tube horizontal porté par trois pieds.

L'écran est une feuille de papier à tache d'huile centrale placée à l'une des extrémités du tube. Son plan est parallèle à celui de l'axe du tube. Elle est enfermée avec un miroir incliné à 45° dans un cadre qui porte, sur le bord, une arête indiquant la position à donner à l'œil pour regarder la feuille de papier sous le même angle.

La source lumineuse est une lampe à pétrole placée à l'autre extrémité du tube dans un manchon perpendiculaire à l'axe de l'appareil. Elle éclaire une lame de verre dépoli, qui, grâce à un lentille à projection et au miroir, dessine son image sur l'écran, quelle que soit la position que l'on donne à celui-ci.

---

(1) *Journal de physique*, 1885.

La quantité de lumière qui tombe sur la face interne de la feuille de papier est graduée par l'ouverture variable d'un diaphragme. Cette ouverture est commandée par une vis placée sous le tube ; on en connaît la grandeur par un index se déplaçant devant une règle graduée.

La flamme dessine son image sur un verre dépoli placé à l'extrémité d'un petit tube situé au niveau du foyer lumineux.

Avant de se servir de cet appareil on le gradue, c'est-à-dire qu'avec un carcel d'intensité connue, on cherche l'ouverture à donner au diapbragme pour faire disparaître la tache.

Pour faire une manipulation photométrique on place l'écran au-dessus de la surface dont on veut mesurer l'éclairement, on donne à la flamme la hauteur qu'elle avait lors de la graduation ; se plaçant dans la direction donnée par l'arête, on fait disparaître, autant que possible, la tache d'huile en augmentant ou diminuant 'ouverture du diaphragme. La division devant laquelle se trouve l'index, donne, sur un tableau dressé à l'avance, la valeur correspondante en carcels de l'intensité lumineuse.

Cet appareil, d'un transport difficile, répond peu aux conditions de la photométrie scolaire

Les photomètres basés sur l'acuité visuelle sont représentés par ceux de Weber, de Javal et de Landolt.

« Hermann Cohn, dont le nom revient toutes les fois » qu'il s'agit d'hygiène scolaire, s'est servi, pour mesurer » l'éclairage dans les divers collèges de Breslau, d'un » photomètre inventé en 1883 par le professeur Léonard » Weber, de Breslau, et construit par MM. Schmidt » et Hansch, de Berlin, qui l'ont modifié quant à la forme.

» Ce photomètre présente la disposition suivante : » Dans un tube horizontal et fixe se trouve une lumière

» normale, éclairant des plaques de verre pouvant se
» mouvoir dans un espace déterminé. Ces plaques com-
» prennent plusieurs plaques de verre dépoli et une
» plaque de verre rouge, destinée à donner de la lumière
» monochromatique. A l'extrémité de ce tube et à sa
» jonction avec un second tube vertical mobile, se trouve
» un prisme à réflexion totale. A l'une des extrémités du
» tube mobile, on voit une autre série de verres identi-
» ques aux plaques de verre du tube fixe ; de l'autre côté
» se trouve un diaphragme et un oculaire où se placera
» l'œil de l'observateur. Ce dernier aperçoit un champ
» visuel divisé par le prisme en deux parties égales ; la
» partie droite reçoit la lumière venant de la source auxi-
» liaire ; la moitié gauche est éclairée directement par
» les rayons venus de l'extérieur. En faisant varier la
» distance des premières plaques à la source lumineuse
» et en augmentant ou diminuant, selon le cas, le nombre
» des plaques placées dans le tube mobile, on arrive à
» l'égalité d'intensité dans les deux moitiés du champ
» visuel.

» On compare ainsi deux lumières monochromatiques,
» ou rendues telles, grâce à la disposition de l'appareil,
» et l'on obtient l'intensité $I^2$ d'une source lumineuse, par
» rapport à une lumière normale d'intensité $I_1$, au moyen
» de la formule : $\frac{I^2}{I^1} = C \frac{R^2 (a + bl)}{r^2}$ dans laquelle *a* et *b*
» sont des constantes déterminées à l'avance, R repré-
» sente la distance de la source à comparer ou de l'objet
» éclairé aux plaques de verre dépoli du tube mobile,
» C la distance des plaques de verre du tube fixe à la
» lumière normale, et *l* la hauteur de la flamme de cette
» même lumière (1). »

(1) Cure. — *Contribution à la photométrie scolaire.* Thèse, 1887.

I. *Le photomètre de Javal*, que l'on peut regarder comme le premier appliqué à l'hygiène de la vue dans les écoles, se compose d'un carton muni de trous circulaires autour desquels sont tracés des cercles d'un gris plus ou moins foncé. L'observateur, armé de ce carton, se place dans une position fixe, regarde à travers les trous les différents points de la salle, et pour chacune des positions recherche le cercle dont l'éclat semble égaler celui de la partie de la salle visée. Chaque cercle gris a été gradué une fois pour toutes.

II. *Le docteur Landolt* a présenté en 1878, au Congrès d'hygiène de Paris, un photomètre dont le principe repose sur ce fait que l'éclairage d'un point quelconque est proportionnel à la valeur de l'acuité visuelle.

« Il se compose essentiellement de deux planchettes
» réunies par une charnière, qui peuvent à volonté, être
» rapprochées ou écartées l'une de l'autre. La première
» se pose directement sur l'endroit dont il s'agit de mesu-
» rer l'éclairage, que ce soit un mur ou une table, une
» surface horizontale ou inclinée. Elle porte, comme
» objets-types, des points noirs sur fond blanc. L'autre
» planchette est munie d'un miroir, qui réfléchit les
» objets-types dans l'œil de l'observateur. Un mètre
» enroulé, fixé à la première tablette, sert à mesurer la
» distance à laquelle les objets-types sont reconnus(1). »

Un observateur placé dans une cour au grand jour, distingue, par exemple, nettement les objets-types à 5 mètres (l'éclairage maximum pour cet observateur est de 5/5) ; si, dans une classe, il est obligé de se placer à 3 mètres

(1) De Wecker et Landolt. — *Traité complet d'opht.*, 1885, t. III, p. 436.

de l'appareil pour obtenir le même résultat, l'éclairage de cette classe est égal aux 3/5 de l'éclairage maximum.

Le principal défaut de ce photomètre, défaut signalé déjà par M. Cure (1), est que l'on ne dispose pas toujours d'un espace assez grand, permettant de s'en éloigner autant qu'il le faudrait pour déterminer la distance où les points-types cessent d'être vus distinctement.

L'emploi des milieux absorbants se retrouve dans les photomètres de M. Imbert, de Cohn, de M. Truc.

I. *Photomètre de M. Imbert.* — « Il se compose essen-
» tiellement de deux prismes en verre fumé, à arêtes
» parallèles et opposées, renfermés dans une caisse rec-
» tangulaire d'environ 0,30 de long. L'un de ces prismes
» est fixe, l'autre mobile au moyen d'une crémaillère et
» d'un bouton extérieur. De cette manière, l'épaisseur de
» la lame à faces parallèles, formée par l'ensemble des
» deux prismes, peut être augmentée ou diminuée à
» volonté.

» L'objet n'est autre chose qu'une ouverture en forme
» de crochet, à trois branches perpendiculaires deux à
» deux, pratiquées dans une lame métallique mince, et
» limitant chacune une surface éclairée de $0^{m},01$ de long
» sur $0^{m}002$ de large ; au-dessous du crochet et au-dessus
» des prismes, se trouve une plaque de verre dépoli dont
» le rôle est de diffuser la lumière.

» Un miroir incliné à 45° par rapport au couvercle de
» la boîte où sont placés les prismes, renvoie parallèle-
» ment à ce couvercle les rayons lumineux qui ont tra-
» versé la plaque de verre dépoli et les prismes en verre

(1) Cure. — *Loc. cit.*, p. 13.

» fumé. Deux ouvertures, munies d'œilletons et prati-
» quées dans la paroi vers laquelle les rayons sont réflé-
» chis, permettent d'observer l'image par réflexion du
» crochet éclairé.

» Enfin, le bouton extérieur, au moyen duquel on met
» en mouvement le prisme mobile, est muni d'un index
» se mouvant sur un cercle divisé en 24 parties égales,
» comprenant donc chacune 15 degrés.

» Comme accessoires, des plaques de verre fumé dont
» on a déterminé à l'avance le pouvoir absorbant (1). »

La graduation du photomètre a été faite en prenant la lampe Carcel comme étalon photométrique.

Pour pratiquer une mesure photométrique, on pose l'appareil à la place dont on veut connaître l'intensité d'éclairage ; l'index est placé au 0 du cadran ; l'épaisseur des prismes est à ce moment minima. Regardant par les œilletons, on augmente peu à peu l'épaisseur des prismes jusqu'à ce qu'on ne distingue plus nettement les objets-types. Le degré devant lequel est arrêté l'index correspond à un nombre donné par une table, et qui représente la valeur correspondante de l'intensité lumineuse.

Il peut arriver qu'à une place donnée, les objets-types soient vus nettement même quand la lame a atteint le maximum d'épaisseur. En pareil cas, on ramène l'index au 0, et l'on place au-dessus du verre dépoli une des plaques de verre fumé qui accompagnent l'appareil ; on augmente de nouveau l'épaisseur du prisme jusqu'à disparition des objets-types ; une seconde table donne, dans ce cas, la valeur correspondante des intensités lumineuses.

II. — *Cohn* avait proposé, pour apprécier l'éclairement

---

(1) Cure. — *Loc. cit.*, pp. 19-20,

des classes, un photomètre qui vient d'être repris par M. A. Romer (1).

Ce photomètre se compose d'une boîte dont deux des côtés, opposés l'un à l'autre, sont ouverts; un petit tableau blanc, portant en noir plusieurs colonnes de chiffres au nombre de quatre, est fixé dans cette boîte; un œil normal, placé à 0,60 cent. de l'instrument, perçoit suffisamment ces chiffres, et les lit couramment, avec un bon éclairage, à 0,40 cent.

Pour se servir de cet appareil, on note combien de chiffres sont lus en un temps déterminé, 20 secondes par exemple, auprès d'une fenêtre à laquelle on tourne le dos. On répète la même expérience à la place dont on veut apprécier le degré d'éclairement artificiel; l'intensité lumineuse de cette place est regardée comme suffisante si les mêmes chiffres sont lus avec autant de facilité que dans le premier temps de l'expérience.

Pour apprécier l'éclairage naturel, on interpose devant les chiffres-types trois plaques de verre dépoli interceptant 99 pour 100 de lumière. L'éclairage est excellent si, dans ces conditions, la lecture se fait aussi bien; si la lecture ne se fait qu'avec deux plaques interposées, l'éclairage est bon (95 pour 100 de lumière absorbée); l'éclairage acceptable permet la lecture après interposition d'un seul verre; si, dans ces dernières conditions, la lecture ne se fait plus, la place considérée est déclarée impropre à l'écriture et à la lecture.

Les places à éclairage bon correspondent à 55 bougies et au dessus
Les places acceptables — 12-15 bougies.
Les places inacceptables — 10 bougies.

---

(1) *Hyg. Rundschau,* X, 1900, p. 465.

III. — *Photomètre de M. le professeur Truc.* — « Les
» photomètres déjà existant ne paraissent pas adaptés
» aux conditions scolaires courantes et ne sont pas
» suffisamment pratiques et rapides dans leurs ré-
» sultats.

» L'appareil de M. Truc paraît réunir les conditions
» désirées, par sa simplicité et son adaptation scolaire
» exacte. » (1)

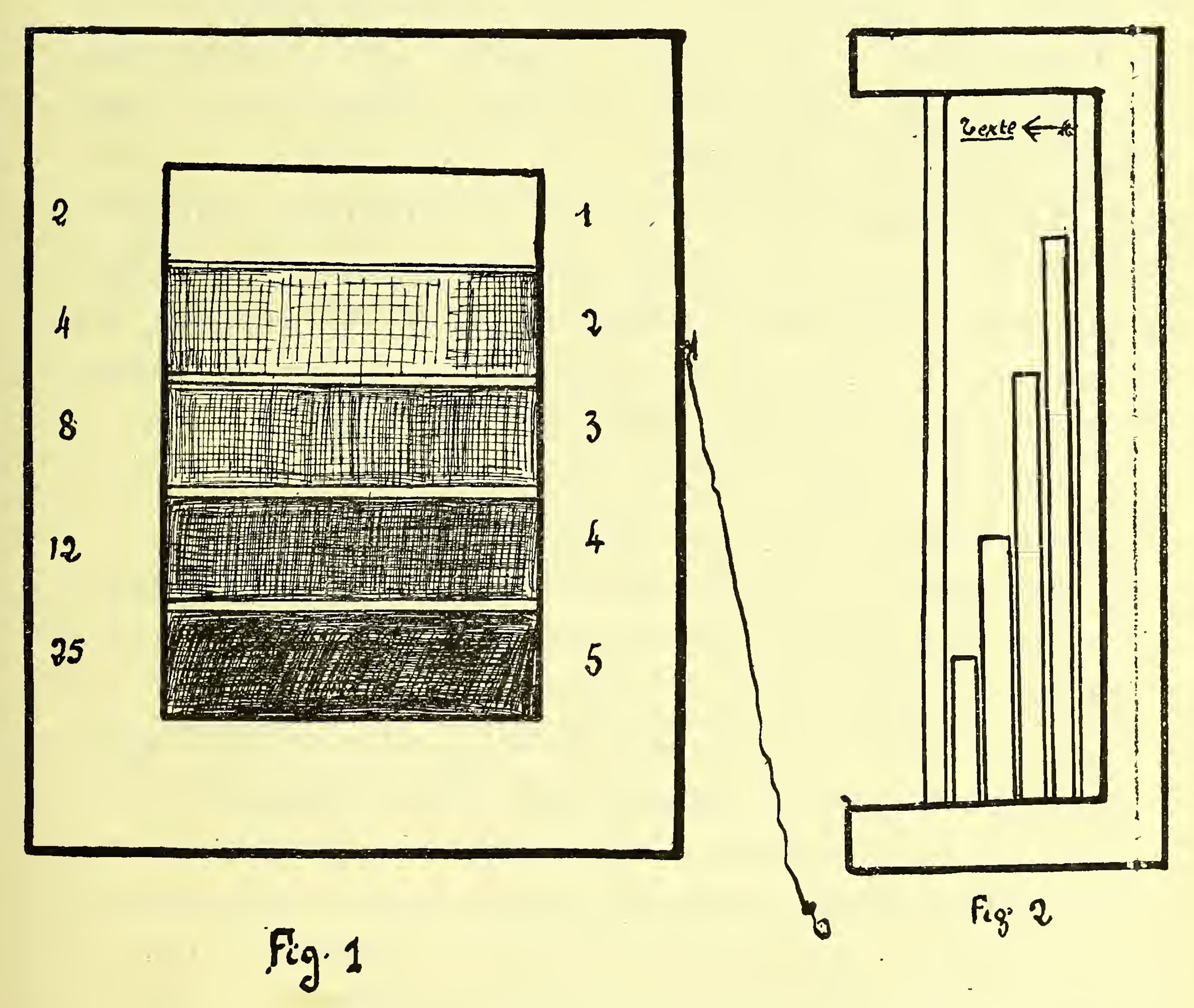



Fig. 1

Fig. 2

Il se compose essentiellement d'un texte dont la lisibilité, par un même observateur et à la même distance, varie avec l'éclairement du milieu, mais est en rapport avec cet éclairement.

(1) H. Bertin-Sans.

Il est constitué par un cadre mesurant 23 centimètres de longueur sur 17 centimètres de largeur (dimensions rappelant celles des livres et cahiers scolaires). Un texte placé au fond de l'appareil et répété cinq fois est successivement recouvert par une, deux, trois, quatre, cinq lames de verre fumé, d'égale épaisseur.

Le texte occupant la partie supérieure du rectangle, recouvert d'une seule lame, demandera, pour être lu, moins de lumière que le texte 2, que les textes 3, 4, 5. L'éclairage, à une place donnée, sera d'autant plus intense que l'épaisseur de verre recouvrant le texte encore lisible est grande.

Le photomètre est posé sur la surface à examiner; l'observateur, assis au banc qu'occupe l'élève, se trouve dans les conditions ordinaires du travail scolaire. Un cordonnet, long de 33 centimètres, oblige la lecture des textes à la distance habituelle du travail de près.

On arrive ainsi à effectuer en très peu de temps un grand nombre de mesures photométriques.

Cependant, cet instrument, tel qu'il est actuellement, présente un défaut tenant aux phénomènes de réflexion qui se produisent à la surface des lames de verre La lumière tombant normalement sur la surface réfléchissante ne pénètre pas en totalité pour aller éclairer le texte; une partie est réfléchie. Il en résulte non seulement une utilisation incomplète de la lumière, mais des phénomènes de réflexion qui rendent la lecture malaisée et non en rapport avec l'éclairement au lieu considéré.

Aussi M. Truc a-t-il déjà songé à remplacer ces lames de verre par des lames très minces de gélatine.

Avant d'employer ce photomètre, nous avons procédé à sa graduation, ce que tout observateur doit faire pour le photomètre que lui seul doit utiliser. En effet, l'appareil

de M. le professeur Truc, comme tous ceux qui ont pour principe les phénomènes d'absorption de la lumière, donne des résultats qui dépendent non seulement de l'action plus ou moins marquée des milieux absorbants, mais encore de l'acuité visuelle de l'observateur. Et les mensurations pratiquées dans un milieu quelconque n'ont de valeur que par rapport à celles obtenues antérieurement par le même observateur en présence d'une lumière-étalon.

La graduation de notre photomètre s'est faite avec la bougie de l'Étoile. Dans la chambre noire d'ophtalmoscopie de la clinique ophtalmologique, nous avons déterminé le nombre de bougies qui, placées à 1 mètre de l'appareil, permettaient de lire successivement les cinq textes types.

Résultats obtenus par M. le professeur Truc :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | bougie | pour lire | le texte | 1 |
| 3 | — | — | — | 2 |
| 5 | — | — | — | 3 |
| 11 | — | — | — | 4 |
| 24 | — | - | — | 5 |

Résultats que nous avons nous-même obtenus :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | bougies nous | permettent | de lire | le texte | 1 |
| 4 | — | — | — | — | 2 |
| 8 | — | — | — | — | 3 |
| 12 | — | — | — | — | 4 |
| 25 | — | — | — | — | 5 |

Pour pratiquer rapidement des mesures photométriques et en conserver exactement les résultats, il est nécessaire d'avoir le plan de l'école dont on veut apprécier l'éclairage. Les plans que nous avions en mains, dus à

l'obligeance de M. l'architecte de la ville, indiquent le nombre de tables, d'ouvertures, les conditions de voisinage de chaque classe.

Deux personnes arrivent ainsi très vite à mesurer l'éclairement d'un grand nombre de places.

L'une procède aux mesures photométriques, dictant, pour chaque place considérée, le nombre de lames de verre recouvrant le texte lu. La seconde personne note ce nombre au point correspondant sur le plan.

Ce chiffre indique et le texte lu et le nombre de lames de verre interposées.

Ainsi, le chiffre 4 rappelle que, pour la place en regard, le texte lu est recouvert de 4 lames de verre ; ce qui pour nous correspond à un éclairement de 12 bougies.

Nous avons pu ainsi, avec notre confrère le docteur Marty, recueillir la mesure photométrique de 2.500 places et cela assez rapidement. Lors de chaque observation nous notions naturellement l'état du ciel, les conditions de voisinage.

Avant de consigner les résultats généraux obtenus dans les écoles communales de Montpellier, il importe de rappeler, dans quelles conditions d'éclairage, une salle d'école répond aux lois de l'hygiène visuelle, et les moyens d'obtenir le meilleur éclairage naturel et artificiel.

## II. DE L'ÉCLAIREMENT DES ÉCOLES

Erismann, au XXIV[e] Congrès de l'Association allemande à Nuremberg, définit ainsi l'éclairement d'une surface : » le rapport du flux lumineux (énergie propagée par le

» faisceau lumineux pendant l'unité de temps, impropre
» ment appelée jusqu'ici sous le nom de quantité de
» lumière) reçu par une surface, à l'aire de cette surface ».

L'unité d'éclairement, jadis bougie-mètre, est maintenant désignée sous le nom de « Lux » et correspond à l'éclairement produit par une source punctiforme d'intensité égale, dans la direction considérée, à une bougie décimale (1/20 de l'étalon Violle), sur une surface placée à 1 mètre, normalement au faisceau.

Or, Cohn, en 1885, donnait comme permettant à l'acuité visuelle de s'exercer dans de bonnes conditions, l'éclairement par la lumière diffuse du jour répondant à 50 bougies-mètre ; mais il prétendait qu'avec 10 bougies-mètre, la vision s'effectuait encore sans préjudice aucun ; ce serait donc là, pour Cohn, un minimum à exiger dans les écoles. Mais d'après Erismann, Cohn a déterminé l'éclairement naturel en lumière rouge ; dans ce cas, ses 10 bougies-mètre en représentent 23 en lumière blanche et égalent 25 lux de lumière naturelle. Cette erreur explique comment pour Cohn la vision pouvait, pour être dans des conditions passables, n'exiger que 10 bougies-mètre.

Erismann admet que l'éclairement peut être de 12 à 15 lux pour l'écriture et la lecture, mais qu'il doit avoir une valeur de 25 lux pour les travaux plus délicats. En général, les écoles normalement construites reçoivent de 20 à 30 lux.

Par quels moyens peut-on arriver à fournir aux classes un éclairement répondant à cette valeur, tant pour la lumière naturelle que pour l'éclairage artificiel. Dans son rapport sur l'hygiène de la vue dans les écoles communales de la ville de Paris, Javal disait « qu'il faut que le
» point le plus sombre de la classe soit suffisammen
» clair, et cette condition est remplie si chaque pupitre

» reçoit suffisamment de la lumière directe du ciel(1) ».

M. Belliard (2), après M. Gariel, dans son rapport sur la myopie scolaire fait savoir que « on a décidé qu'un œil » placé à la hauteur de la table doit voir le ciel dans une » étendue verticale d'au moins 30 centimètres, comptée » à partir de la partie supérieure de la fenêtre ».

M, le professeur Bertin-Sans ne partage pas cet avis (3) :

« Même quand le foyer d'éclairage scolaire reste uni- » forme et qu'il est représenté par une partie aussi grande » que possible de la voûte céleste, la quantité de lumière » proportionnelle à cette surface éclairante qui vient se » présenter à l'encadrement de la fenêtre, ne saurait être » considérée, sans risques de graves erreurs, comme » égale à celle qui parvient jusqu'au pupitre correspon- » dant. »

En effet, la lumière, avant d'arriver jusqu'au pupitre subit des modifications notables (action du feuillage, de la couleur des murs voisins, des verres des fenêtres, de la couleur des murs de la classe, des larges tableaux noirs, des objets divers).

Pour obtenir un bon éclairage naturel il faudra donc tenir compte des constructions voisines : Javal veut que toute bâtisse avoisinante soit à une distance égale à deux fois sa hauteur.

La répartition des ouvertures est également d'une grande importance :

Dans l'école modèle prussienne, présentée à l'Exposition de Paris de 1867, il y avait 16,7 pouces carrés de vitre pour 1 pied de plancher ; l'école américaine modèle

---

(1) *Revue d'hygiène*, p. 662, 1879.

(2) *Recueil d'opht.*, 1891, pp. 614-615.

(3) Bertin Sans. — *Ann. publ. d'hyg* , 1882.

présente 32,2 pouces par pied de plancher ; Cohn proposa 30 pouces d'ouverture par pied de plancher. La grandeur d'ouverture des fenêtres variera avec les bâtiments voisins, la couleur, la hauteur de leurs murs ; suivant que la classe sera au rez-de-chaussée ou à un étage élevé.

On a longtemps discuté pour savoir si l'éclairage naturel devait être unilatéral (Trélat) ou bilatéral (Javal). Les deux méthodes ont leurs partisans, et sont également employées. En tout cas, comme le fait remarquer Fieuzal (1) :

« Quand on ne pourra pas donner un éclairage mono-
» latéral suffisant, on devra placer la seconde série de
» fenêtres derrière l'écolier ou à sa droite et jamais
» devant lui ; la lumière doit surtout venir de gauche lors-
» qu'on pourra établir un éclairage monolatéral. »

La salle d'école modèle qu'Erismann présenta à l'exposition hygiénique russe de l'Université de Moscou en 1893, remplit ces conditions. Elle reçoit la lumière du jour par deux fenêtres situées à gauche de l'élève, fenêtres qui mesurent chacune 3 mètres 25 cent. de hauteur sur 3 mètres de largeur ; elles sont à 0m71.142 du sol et à 17 cent. 735 du plafond.

La question de l'éclairage artificiel est encore plus importante et a été l'objet d'études et de modifications successives; tous les moyens d'éclairage ont été employés, depuis l'huile jusqu'à l'électricité.

Le nombre des foyers à établir dans les classes varie avec les auteurs : Cohn veut qu'on place une lampe pour quatre écoliers ; Javal donne comme minimum une lampe par six élèves.

---

(1) *Société de médecine publique*, pp. 10-11-1045, 1885.

Galezowski (1) propose de fixer les lampes à gaz à 0,20 centimètres de l'élève et de les munir d'un large abat-jour, et cela par groupe de six élèves.

Un des grands inconvénients de l'éclairage artificiel est la production de l'ombre dès que l'enfant lit et écrit. Il en résulte une diminution de l'éclairement qu'Erismann évalue à 50 et même 75 pour 100. Il faut considérer également les modifications de la température, de l'état hygrométrique et chimique de la salle.

Pour éviter la production d'ombres, on avait songé à l'emploi de lampes personnelles, ce qu'on ne peut réaliser qu'avec des lampes à incandescence, qui n'agissent ni sur la température ni sur la composition chimique des salles d'étude.

Erismann a proposé de résoudre ce problème en utilisant la lumière indirecte, diffuse, qui se répartit d'une façon très uniforme. Ce procédé consiste à faire réfléchir la lumière donnée par des lampes sur les surfaces diffusantes constituées par le plafond et les parois des salles.

Sa classe modèle, dont nous avons déjà parlé, possédait deux lampes suspendues au plafond, qui, de même que la partie supérieure des murs, en recevait la lumière projetée par deux réflecteurs. L'éclairement était ainsi uniformément réparti dans toute la pièce.

Cette idée n'appartient pas à Erismann, mais est due à Boubnoff.

Jaspar, de Liège, l'applique, en 1881, avec des lampes électriques et des réflecteurs en métal nickelé.

Schucbert, de Nuremberg, l'emploie avec succès.

Renk et Menning, en 1889, reprennent ces essais avec des brûleurs à gaz munis de réflecteurs transparents en

---

(1) Discussion à la Société de médecine publique, 24 mars 1886

verre opale, et remplacent bientôt le bec à gaz ordinaire par le bec Auer.

La même année, ce mode d'éclairage est employé dans les salles d'étude de l'école militaire de Saint-Cyr, du lycée Jeanson-de-Sully à Paris.

En 1896, le docteur Dargelos (1) l'a fait installer au lycée Mignet, à Aix. Il place un bec Auer pour 40 mètres cubes et il constate que ce mode d'éclairement donne : « uniformité, douceur, absence d'ombres, clarté abon- » dante ».

Kermauner et Prausnitz (2) ont fixé la manière de disposer les sources lumineuses pour obtenir le meilleur éclairage artificiel possible : employer des becs Auer, placés au fond d'un entonnoir en verre opale, réfléchissant la lumière vers le plafond, dont elles sont à une distance de 0,90 centimètres. Il faut, en général, dans une salle de 4 mètres de hauteur, un bec Auer pour 12 mètres carrés de surface.

L'électricité serait également d'un emploi heureux dans les écoles. Le professeur Fuchs (3) nous apprend que le premier essai en a été fait à l'École industrielle de Liège en 1883, où trois salles de dessins sont éclairées à l'électricité, dont la lumière est projetée par des miroirs concaves sur le plafond blanc. De là elle se répand uniformément par toute la salle.

Ce mode d'éclairement artificiel paraît répondre seul aux lois de l'hygiène. Il serait à souhaiter de le voir généralement adopté, comme le demandait déjà Erismann, en 1888, à Moscou.

---

(1) *Ann. d'hygiène*, 1896, p. III.

(2) *Arch. für Hyg.*, XXIX, 107, 1897.

(3) Fusch. — *Causes et préventions de la cécité*, trad. Fieuzal.

# CHAPITRE III

## I. Examen de l'éclairage naturel et artificiel d'une école de Montpellier

Dans ce chapitre, nous donnons, comme exemple de nos manipulations photométriques, les résultats obtenus par M. le Professeur Truc et par nous dans l'examen de l'éclairage naturel et artificiel de l'école de la rue du faubourg Boutonnet.

M. Cure a fait les mêmes recherches, pour l'éclairage naturel, dans les écoles de la ville de Montpellier. Il se servit du photomètre de M. le professeur Imbert. Nous avons cru utile de rapprocher en un même tableau les résultats qu'il a obtenus de ceux auxquels nous sommes arrivés.

*A)* Examen photométrique de l'Ecole du Faubourg-Boutonnet. — Les mesures photométriques, pour les deux modes d'éclairage, ont été effectuées par M. le professeur Truc et par nous-même. Chacun de nous s'est servi du photomètre qu'il avait gradué à l'avance.

Comme on le verra dans le tableau que nous reproduisons, nous obtenons un nombre de bougies sensiblement inférieur à celui obtenu par M. Truc. Cet écart tient en

partie à ce fait que, toutes choses égales, nous avons besoin, pour lire le même texte, d'un éclairement plus grand que M. le professeur Truc.

Le photomètre scolaire que nous présentons, et nous revenons sur ce fait, donne donc des résultats, n'ayant de valeur que par rapport à la graduation préalablement établie par l'observateur.

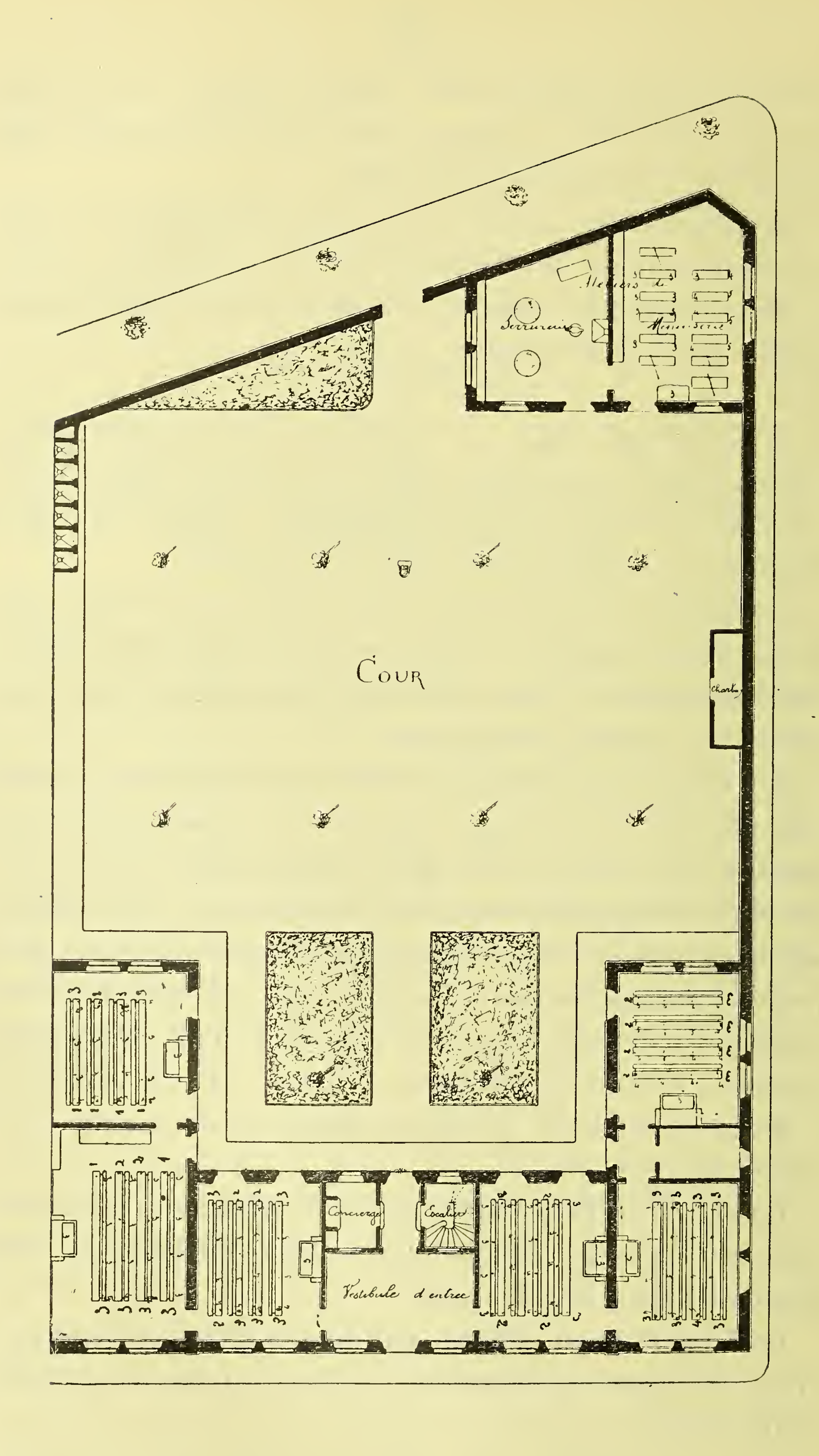
1° *Eclairage naturel.* — Nous en avons mesuré l'intensité au mois de novembre 1901 de 9 heures 1\|2 à 10 heures 1\|2 du matin par un ciel nuageux. Malgré la saison avancée, les arbres sont couverts de feuilles.

L'école de la rue du faubourg Boutonnet est bâtie entre la rue du même nom, large à ce niveau de 8 mètres 75, la rue Sainte-Lucie, large de 5 mètres environ, et une cour intérieure, plantée de platanes.

En face, dans la rue du faubourg Boutonnet, s'élève une maison à deux étages ; dans la rue Sainte-Lucie, une maison à un étage. Cette école comprend six classes. *La première* et *la quatrième* reçoivent le jour de deux fenêtres ouvertes sur la rue du faubourg Boutonnet et de deux portes-fenêtres donnant sur la cour. Chaque fenêtre a 1 mètre 95 de large sur 2 mètres 45 de haut ; les portes-fenêtres mesurent chacune 1 mètre 50 de large sur 2 mètres 80 de haut. Ces dimensions sont les mêmes pour toutes les classes.

La *deuxième* est éclairée par six ouvertures : deux fenêtres sur la rue Sainte-Lucie, deux fenêtres et deux portes-fenêtres sur la cour.

*La troisième* est éclairée par deux fenêtres donnant sur la rue du faubourg Boutonnet et deux ouvertes sur la rue Sainte-Lucie.


Cour
Concierge
Escalier
Vestibule d'entrée

*La cinquième* reçoit le jour de deux fenêtres et de deux portes fenêtres ouvertes sur la cour intérieure.

*La sixième* ne possède que deux fenêtres sur la rue du faubourg Boutonnet.

Toutes ces classes présentent quatre tables, disposées perpendiculairement au plan des ouvertures.

Nous avons pris quatre mesures photométriques par table : une à chaque extrémité ; une à chaque 1|4 interne. Avec la place occupée par le maître nous avons dix-sept mesures photométriques par classe.

Nous avons ainsi rcueilli 102 mesures photométriques donnant, pour l'école de Boutonnet, une intensité moyenne de 6,89 bougies à M. Truc et 6,262 à nous-même.

M. Cure avait, à deux époques différentes de l'année (juillet, novembre), effectué dans le même sens des mesures photométriques. Les résultats qu'il a obtenus en novembre nous intéressent particulièrement ; nous pouvons, pour l'école que nous étudions, les rapprocher de ceux recueillis par nous à cette même époque de l'année.

Les 28 mesures prises avec le photomètre de M. Imbert donnent, pour l'école de Boutonnet, une intensité moyenne de 2,965 carcels. L'unité photométrique prise par M. Cure correspond à 2,6 bougies ordinaires (1), ce qui en l'espèce nous donne une intensité correspondante de 7,709 bougies. Malgré l'inégalité du nombre de mesures prises, malgré les conditions différentes d'expérimentation qu'on ne peut ni signaler, ni contrôler, il est intéressant de noter le rapprochement sensible qui existe entre les intensités moyennes de M. le professeur Truc, de M. Cure et de nous.

---

(1) Cure, *loc. cit.*, p. 27.

INTENSITÉS D'ÉCLAIRAGE NATUREL OBTENUES PAR

| | M. Truc | M. Espinouze | M. Cure |
|---|---|---|---|
| 1<sup>re</sup> classe | 5.96 bougies | 5.83 bougies | 8.112 bougies |
| 2e — | 11.63 — | 9.38 — | 10.4 — |
| 3e — | 6.36 — | 6.28 — | 8.711 — |
| 4e — | 5.86 — | 5.28 — | 7.436 — |
| 5e — | 6.25 — | 5.28 — | 5.98 — |
| 6e — | 5.28 — | 5.52 — | 5.616 — |

Poussant l'analyse plus loin, étudions le tableau ci-dessus, dans lequel nous avons converti en bougies les carcels de M. Cure. Les intensités moyennes gardent pour chaque classe des rapports à peu près constants.

La deuxième classe, pour les trois observateurs, est la mieux éclairée, recevant le jour par six ouvertures. L'intensité d'éclairage diminue quand, dans les trois cas, on envisage successivement les 3e, 4e, 5e, 6e classes. La présence des arbres semble jouer un grand rôle dans cette distribution irrégulière et imparfaite de la lumière du jour.

Il existe naturellement entre nos résultats respectifs des différences. Elles doivent tenir aux diverses conditions d'observation. Enfin, dans la méthode de M. Imbert comme dans celle de M. Truc, l'acuité visuelle, l'état de repos ou de fatigue des yeux de l'observateur, ont une très grande part dans l'évaluation de l'intensité lumineuse.

2° *Eclairage artificiel.* — La première classe est éclairée par cinq becs de gaz : deux aux extrémités des 1re et 3e tables, un au milieu et en avant de la 1re.

Les cinq autres classes ne sont éclairées que par quatre becs de gaz, correspondant aux 1/4 externes des 1re et 3e tables. Tous sont à 1 mètre 10 environ du plan des pupitres.

Nous donnons dans ce tableau les moyennes successivement obtenues par M. le professeur Truc et par nous.

INTENSITÉS MOYENNES D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL OBTENUES

| | Par M. Truc | Par M. Espinouze |
|---|---|---|
| 1re classe. . | 3,08 bougies | 3,02 bougies |
| 2e . . . . . | 4,08 — | 3,54 — |
| 3e . . . . . | 3 — | 2,75 — |
| 4e . . . . . | 3,24 — | 2,03 — |
| 5e . . . . . | 3,27 — | 2,03 — |
| 6e . . . . . | 3,40 — | 2,93 — |

*La première classe*, mesurant 54 mètres carrés et 255 mètres cubes, peut contenir environ 40 élèves. Elle est éclairée par 5 becs de gaz. Les places les mieux éclairées ne jouissent que d'une intensité lumineuse de 5 bougies. Le plus grand nombre ne reçoit qu'un éclairement de 2 bougies. Aux huit places du fond de la salle il est impossible de lire le texte recouvert d'une seule lame de verre. Cet éclairage insuffisant serait heureusement modifié par l'adjonction de deux becs : un au milieu de la classe ; l'autre au niveau du mur du fond.

*La deuxième classe* (48 mètres carrés, 223 mètres cubes, 40 places environ), présente un plus grand nombre de places à éclairage de 5 bougies ; à toutes on arrive à lire au moins le texte recouvert d'une seule lame de verre.

*Les quatre autres classes* ont à peu près les mêmes

dimensions, (51 mètres carrés, 235 mètres cubes) et peuvent recevoir une cinquantaine d'élèves.

Les quatre longues tables qu'elles renferment ne sont éclairées que par quatre becs de gaz, placés aux 2 1/4 extrêmes des 1re et 3e tables. La plupart des places ne reçoivent qu'une intensité lumineuse de 3 bougies ; et pour celles de la table du fond, la lecture du premier texte n'est pas possible.

Deux becs de gaz par classe devraient être ajoutés en attendant que l'on puisse remplacer le modèle existant par le bec Auer.

## II. Examen de l'éclairage naturel dans les écoles de la ville de Montpellier

Dans les autres écoles nous n'avons pu étudier que l'éclairage naturel. L'éclairage artificiel sera dans la suite l'objet d'un nouvel examen et les résultats en seront consignés dans un rapport détaillé au Conseil municipal,

Nous nous contentons, pour le moment, de dresser, avec les nombres que nous avons obtenus, un tableau par ordre décroissant de la valeur de l'intensité d'éclairage naturel.

Cet examen a été fait par nous, et les bougies correspondent à notre graduation (1).

| | | | |
|---|---|---|---|
| École des | filles, boulevard Louis-Blanc . . | 13,05 | bougies. |
| — | garçons, rue Jeu-de-l'Arc . . . | 12 | — |
| — | garçons, rue Général-Riu . . . | 10,40 | — |
| — | garçons, rue de la Gendarmerie. | 10,26 | — |
| — | supér. des garç., r. Jeu-de-l'Arc. | 10,02 | — |
| — | filles, boulevard des Arceaux . . | 9,80 | — |

(1) Voir chapitre II, p. 37.

| | | | |
|---|---|---|---|
| — | garçons, rue Bernard-de-Tréviez. | 9,57 | — |
| — | filles, rue Général-Maureilhan. . | 9,52 | — |
| — | filles, rue Voltaire. . . . . . | 9,06 | — |
| — | garçons, rue Voltaire . . . . | 8,93 | — |
| — | garçons, rue des Soldats . . . | 8,53 | — |
| — | rue Faubourg-Boutonnet . . . | 6,262 | — |
| — | filles, rue du Grand-Saint-Jean. | 5,48 | — |
| — | garçons, rue Aigrefeuille . . . | 5,42 | — |
| — | filles, rue Corraterie. . . . . | 5,14 | — |
| — | filles, rue Dom-Vaissette . . . | 5,10 | — |
| — | filles, rue de l'Observance. . . | 5,02 | — |

Ce tableau répond en partie aux conditions de construction, de situation des diverses écoles envisagées. Ainsi l'école la mieux éclairée, l'école des filles du boulevard Louis-Blanc, reçoit le jour d'une cour intérieure, mais surtout de larges fenêtres donnant sur le quai du Verdanson qu'aucune maison ne borde de l'autre côté ; le jour y est donc largement distribué.

Au contraire, la faible intensité d'éclairage dont dispose l'école de la rue de l'Observance s'explique par sa situation au fond de l'étroit impasse du même nom, aux murs d'un gris sale, tandis que de l'autre côté le jour est en partie arrêté par les murs élevés du temple de la rue Maguelone.

Six écoles seulement, à Montpellier, reçoivent un éclairement dont l'intensité réponde au minimum fixé par Cohn ; cinq autres sont suffisamment éclairées ; ces onze écoles occupent les bâtiments récemment construits ; sept, situées dans d'anciens locaux reçoivent un éclairage insuffisant. Il est vrai que peu à peu ces écoles disparaissent et sont remplacées par des écoles nouvelles ; c'est ce qui vient de se produire notamment pour celle des filles de la rue Voltaire, transportée dans les nouveaux bâtiments de la rue de la Valfère.

Une étude importante à faire à Montpellier sera d'établir le rapport qui peut exister dans ses écoles entre l'éclairage défectueux des classes et le développement de la myopie.

Ces recherches vont faire partie du programme de l'inspection pour l'hygiène oculaire dans les écoles de Montpellier.

---

## CONCLUSIONS

1° L'éclairage naturel et artificiel défectueux des salles d'école étant une des causes principales du développement myopique, il importe d'assurer une large distribution de la lumière et de l'apprécier exactement au point de vue photométrique.

2° La photométrie générale est basée sur des principes, des lois et des méthodes exactement applicables à la photométrie scolaire.

3° La photométrie scolaire, pour être vraiment pratique, doit être simple, facile, rapide, adéquate aux conditions du travail scolaire.

4° Parmi les nombreux photomètres scolaires, celui de M. le professeur Truc réunit les meilleures conditions pratiques et paraît devoir être préféré.

5° Pour l'Ecole du faubourg Boutonnet, l'éclairage naturel est généralement suffisant, mais l'éclairage artificiel tout à fait défectueux.

Dans les autres écoles municipales, l'éclairage naturel, seul établi jusqu'ici, paraît généralement suffisant pour les bâtiments de construction récente et défectueux pour ceux de construction ancienne.

---

Vu et permis d'imprimer
Montpellier, le 7 novembre 1902.
Pour le Recteur :
Le Vice-Président du Conseil de l'Université,
VIGIÉ

Vu et approuvé
Montpellier, le 6 novembre 1902.
Pour le Doyen :
L'Assesseur,
L. FORGUE.

# BIBLIOGRAPHIE

Belliard. — Recueil d'opht., p 614, 1891.
Bertin-Sans. — Ann. d'Hyg., 3e série, t. VII, p. 46 et t. XV, p. 147
— *Revue d'Hyg.*, p. 662, 1879.
H. Bertin-Sans. — Guide des travaux pratiques de physique, 1891.
Bouguer. — Traité d'optique sur la graduation de la lumière, 1760.
*Bulletin de la Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle*, p. 32, 1877.
Cohn. — Hygiene of the eye. English ed, p. 49.
Cure. — Photométrie scolaire. Thèse Montpellier, 1888.
Dargelos. — Ann. d'hyg., p. 3, 1896.
Dessendie. — La lum. électr., vol. XXXIII, p. 407.
Erismann. — Handuck der hygiene. *V. Pettenkofer und Ziemsen*, II, 2, p. 30, 1882.
— XXIVe Congrès de l'association allemande de Nuremberg.
Fieuzal. — Soc. de Méd. publique, p. 1,101, 1885.
Fuchs. — Causes et préventions de la cécité. Trad. Fieuzal.
Galezowski. — Discussion à la Soc. de méd. publique, mars, 1886.
Gariel. — Rapport de la Commission de l'hyg. de la vue dans les écoles ; Paris, 1882.
— Dict. encycl. des Sc. méd., t. XXIV, 421-430, 1887.
— Encyclopédie d'hygiène, t. III, p. 245.
Gorham. — La lumière électrique, vol. XIV, p. 458.
Helmholtz. — Optique physiologique, p. 415, 1867.
Imbert et Bertin-Sans. — Traité élémentaire de physique médicale.
Javal. — Sur les mesures à prendre pour enrayer l'envahissement de la myopie, 1878.

JAVAL. — Sur l'éclairage électrique au point de vue de l'hygiène de la vue. *Rev. d'Hyg.*, III, p. 933, 1887.
KRUSS. — Journ. für gasbelenchtung, p. 717, 1883 et 345, 1885.
LAMPADIUS. — Gœhler's woterbuck 2 auflage, VII, p. 482.
LAMBERT. — Photometria sive de mensura et gradibus luminis, 1760.
MACÉ DE LÉPINAY et NICATI. — Ann de chim. et de phys., 5me série, vol. XXIV.
MASCART. — *Bulletin de la Soc. intern. des électriciens*, p. 103, 1888.
MASSON. — Ann. de chim. et de phys., 5e série, vol. XIX.
MAISTRE (DE). — Biblioth. univ. de Genève, LI, p. 323.
NARBEL. — Thèse de Berne, 1894.
NICATI. — Arch. d'opht., p. 297, 1894.
NORDENSON. — Ann. d'ocul., p. 110, 1883.
PALAZ. — Traité de photométrie industrielle ; Lausanne, 1892.
PAGGENDORF et WIEDMANN. — Ann. der phys. und chim. newe folge, t. XX, p. 326, 1883.
PFLÜGER. — Arch. of opht., XXII, p. 63, 1876.
PRAUSNITZ et KERMAUNER. — Arch. f. Hyg., XXIX, 107, 1897.
REUS (DE). — Arch. of. opht. XXII, I, p. 211, 1876.
RÖMER. — Hyg. Rundschau, X, p. 465, 1900.
RUMFORD. — Philosoph. Transact., l. LXXXIV, 67
SABINE. — Phil. Mag., 5e vol , XV, p. 22.
TRUC. — Soc. sc. méd. Montpellier, mars 1900.
WECKER et LANDOLT. — Traité d'opht., t. III, p. 436, 1885.

# TABLE DES MATIÈRES

## CHAPITRE III

# SERMENT

*En présence des Maîtres de cette École, de mes chers condisciples, et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !*